

## PARAMETRI STIŠLJIVOSTI SLABOPROPUSNIH NASLAGA KOJE OMEĐUJU VODONOSNI SLOJ

Davorin KOVAČIĆ i Andrea BAČANI

Rudarsko-geološko-naftni fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Pierottijeva 6, 41000 Zagreb, Hrvatska

**Ključne riječi:** Slabopropusne naslage, Parametri stišljivosti, Rezerve podzemnih voda.

U radu je prikazana važnost pravilne interpretacije edometarske krivulje, a u cilju određivanja što točnije vrijednosti mjera-davnih parametara stišljivosti slabopropusnih naslaga koje omeđuju vodonosni sloj. Postupak interpretacije ilustriran je račun-skim primjerom u kojem su korišteni konkretni geomehantički parametri.

**Key-words:** Semipervious confining layers, Compressibility parameters, Groundwater resources.

The paper deals with the importance of a reliable interpretation of oedometer curve in order to determine the values of compressibility parameters of semipervious confining layers over- and/or underlain by an aquifer. The illustration of the procedure described is given in an example based on real soil data.

### Uvod

Razmatranje problematike prihranjivanja vodonosnih slojeva iz slabopropusnih naslaga prisutno je u utvrđivanju rezervi podzemnih voda već više od tri desetljeća. Tako npr. jedan od prvih radova iz tog područja (H a n t u s h, 1960) daje rješenja za sniženje piezometarske razine u poluzatvorenom vodonosnom sloju, kojem se u podini i u krovini nalaze slabopropusni slojevi. Jedan od najnovijih radova (R u d o l p h i F r i n d, 1991) analizira utjecaj ovisnosti parametara propusnosti i stišljivosti na količinu crpljenja.

U domaćoj literaturi ovoj problematici posvećeno je također nekoliko radova: Dimkić i Đukić (1983), Kovačić et al. (1986), Bačani (1990) i Bačani et al. (1991).

Promjene naprezanja i deformacija u tlu te količine istjecanja iz slabopropusnih naslaga, a koje nastaju kao posljedica crpljenja iz vodonosnog sloja, najtočnije se mogu opisati pomoću Biot-ove teorije tro-dimenzionalne konsolidacije (B i o t, 1941). Numeričko modeliranje ovih procesa pokazali su Lewis i Schrefler (1978) na problemu slijeganja tla u okolici Venecije. U tom pristupu uvodi se simultano rješavanje jednadžbi ravnoteže i jednadžbi gibanja fluida za cijelo područje definiranosti problema, tj. konsolidacija tla se tretira kao »vezani problem«.

Međutim, u većini do sada objavljenih radova usvojen je alternativni pristup, koji su predložili Gambolati i Freeze (1973). Autori predlažu postupak koji se sastoji od dva odvojena koraka:

1. Na dvodimenzionalnom modelu (radijalna simetrija) računaju se vrijednosti piezometarske razine odnosno tlaka vode u vodonosnom sloju (hidrološki model).
2. Ove vrijednosti tlaka predstavljaju rubne uvjete za model vertikalne konsolidacije (Terzaghi-eva teorija jednodimenzionalne konsolidacije) kako bi se dobile veličine slijeganja i količine istjecanja iz slabopropusnih naslaga (model slijeganja tla).

Pouzdanost rezultata numeričkog modela sadržanog u drugom koraku ovog postupka ovisna je o stupnju pouzdanosti upotrebljenih vrijednosti parametara slabopropusnih naslaga. Upravo pouzdanost parametara stišljivosti slabopropusnih naslaga je tema ovog rada.

### Model slijeganja slabopropusnih naslaga

Promjene u slabopropusnim naslagama definirane u točki 2. prethodnog poglavlja opisane su diferencijalnom jednadžbom oblika

$$\frac{\partial^2 h}{\partial z^2} = \frac{s_s}{k} \frac{\partial h}{\partial t} \quad (1)$$

gdje su:

- h – piezometarska visina [m]
- z – vertikalna koordinata [m]
- s<sub>s</sub> – koeficijent specifičnog uskladištenja [m<sup>-1</sup>]
- k – koeficijent vertikalne hidrauličke provodljivosti [m s<sup>-1</sup>]
- t – vrijeme [s]

U geomehantičkim analizama redovito se koristi nešto izmijenjeni oblik jednadžbe (1). Umjesto piezometarske visine h koristi se vrijednost pornog pretlaka u. Osim toga svojstva stišljivosti i propusnosti skeleta tla mogu se opisati koeficijentom konsolidacije c<sub>v</sub>:

$$c_v = \frac{k M_v}{\gamma_w} = \frac{k}{s_s} \quad (2)$$

gdje su:

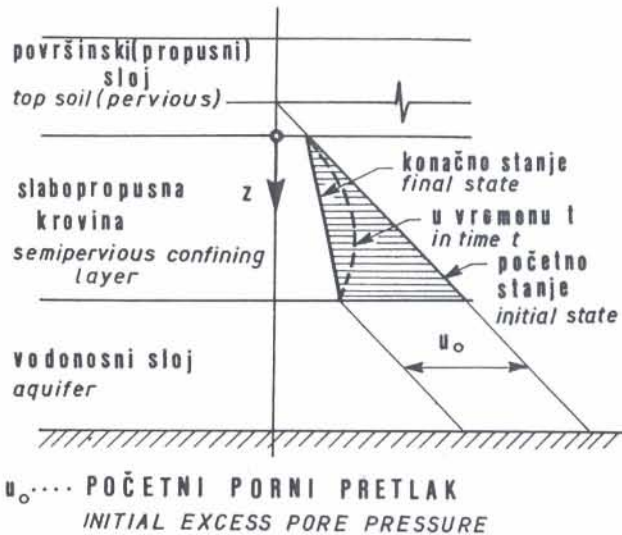
- M<sub>v</sub> – modul stišljivosti [kNm<sup>-2</sup>]
- γ<sub>w</sub> – zapreminska težina porne vode [kNm<sup>-3</sup>]

Prema tome jednadžba (1) postaje

$$c_v \frac{\partial^2 u}{\partial z^2} = \frac{\partial u}{\partial t} \quad (3)$$

što je uobičajeni oblik diferencijalne jednadžbe jednodimenzionalne konsolidacije (Terzaghi, 1972).

U skladu s usvojenim pretpostavkama, pojednostavljena raspodjela (jednodimenzionalni model) pornog tlaka u slabopropusnoj krovini, a uslijed crpljenja iz vodonosnog sloja, prikazana je na sl. 1.



Sl. 1 Idealizirana raspodjela pornog tlaka u tlu  
Fig. 1 Idealised pore pressure distribution in the soil

Vremenski tok slijeganja, tj. disipacija pornog pretlaka, a isto tako i količina istisnute porne vode u vremenu, ovise o vrijednosti koeficijenta konsolidacije  $c_v$ . Međutim, veličina konačnog slijeganja odnosno ukupna količina istisnute vode nakon završenog procesa konsolidacije, ovisi samo o parametru stišljivosti skeleta tla. U geomehaničkoj terminologiji to je modul stišljivosti (edometerski modul)  $M_v$ , koji je definiran kao

$$M_v = \frac{\Delta \sigma'_v}{\Delta \epsilon_v} \quad (4)$$

gdje su:

$\Delta \sigma'_v$  – inkrement vertikalnog efektivnog naprezanja  
 $\Delta \epsilon_v$  – odgovarajući inkrement vertikalne relativne deformacije

Kod ove definicije pretpostavljen je uvjet spriječne bočne deformacije.

U području hidrogeologije stišljivost tla se uzima u obzir posredno preko koeficijenta specifičnog uskladištenja  $s_s$ . Međusobni odnos ovih parametara je dakle

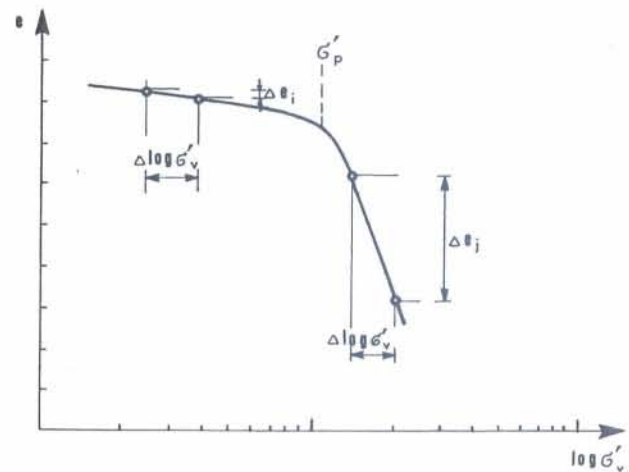
$$M_v = \frac{\gamma_w}{s_s} \quad (5)$$

Za mali inkrement vertikalnih naprezanja u tlu,  $M_v$  se može smatrati konstantom materijala, no ispravno je  $M_v$  tretirati kao veličinu ovisnu o intenzitetu početnog naprezanja u tlu i o intenzitetu dodatnih naprezanja u tlu. Osim toga stišljivost glinovitog materijala ovisi i o stupnju prekonsolidacije.

### Edometerski dijagram

U skladu s principom efektivnih naprezanja, disipacija pornog pretlaka tokom procesa konsolidacije

uzrokuje povećanje efektivnih naprezanja u tlu. Uslijed toga dolazi do smanjenja volumena pora. Promjene koeficijenta pora  $e$  uslijed promjene vertikalnog efektivnog naprezanja  $\sigma'_v$ , mogu se eksperimentalno pratiti ispitivanjem uzorka tla u edometerskom aparatu. Jedan od uobičajenih načina prikazivanja rezultata edometerskog pokusa je edometerski dijagram u  $e - \log \sigma'_v$  koordinatnom sustavu (sl. 2.). Pogodnost takvog prikazivanja odnosa  $e - \sigma'_v$  sastoji se u činjenici da se edometerska krivulja može dobro aproksimirati s dva pravca čiji su nagibi indeks bujanja  $C_s$ , odnosno indeks stišljivosti  $C_c$ . Time se stišljivost tla opisuje pomoću dva bezdimenzionalna parametra.



Sl. 2 Tipični edometerski dijagram  
Fig. 2 Typical oedometer diagram

Edometerski dijagram zorno prikazuje činjenicu, da u uzorku tla opterećenom vertikalnim opterećenjem većim od do tada najvećeg vertikalnog efektivnog naprezanja  $\sigma'_p$ , dolazi do poremećenja u njegovoj strukturi. To se očituje kao »lom« edometerskog dijagrama, a  $\sigma'_p$  je naprezanje prethodne konsolidacije.

Početni, blaži dio krivulje (krak ponovljenog opterećenja) definiran je indeksom bujanja  $C_s$ ,

$$C_s = - \frac{\Delta e_i}{\Delta \log \sigma'_v} \quad (6)$$

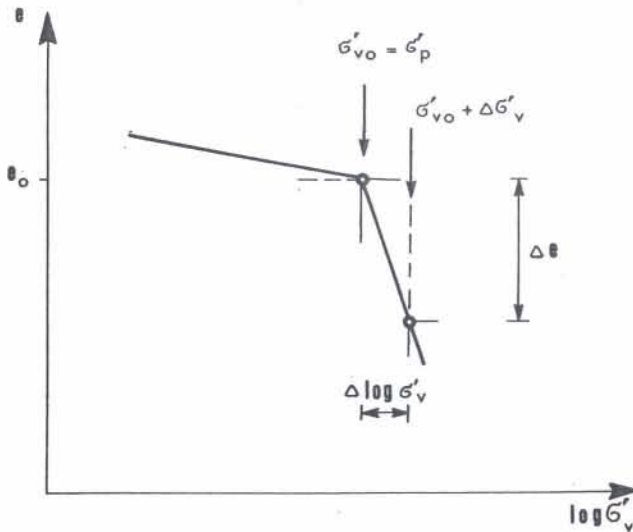
dok je strmiji dio krivulje (krak prvog opterećenja) definiran indeksom stišljivosti  $C_c$ .

$$C_c = - \frac{\Delta e_j}{\Delta \log \sigma'_v} \quad (7)$$

Ovdje su  $\Delta e_i$  i  $\Delta e_j$  veličine smanjenja koeficijenta pora uslijed prirasta vertikalnog efektivnog naprezanja.

Ako je naprezanje prethodne konsolidacije  $\sigma'_p$  jednako geostatičkom naprezanju promatranog elementa u tlu  $\sigma'_{vo}$ , tada se radi o normalno konsolidiranom tlu. U slučaju  $\sigma'_p > \sigma'_{vo}$ , tlo je prekonsolidirano. Uzroci prekonsolidacije tla mogu biti različiti. Iscrpan pregled prekonsolidacije tla dali su Brumund et al. (1976).

Iz karaktera edometarske krivulje slijedi da su moguća tri slučaja, tj. mogu se izvesti tri izraza za slijevanje stišljivog sloja gline, ovisno o tome radi li se o normalno konsolidiranom ili prekonsolidiranom tlu.



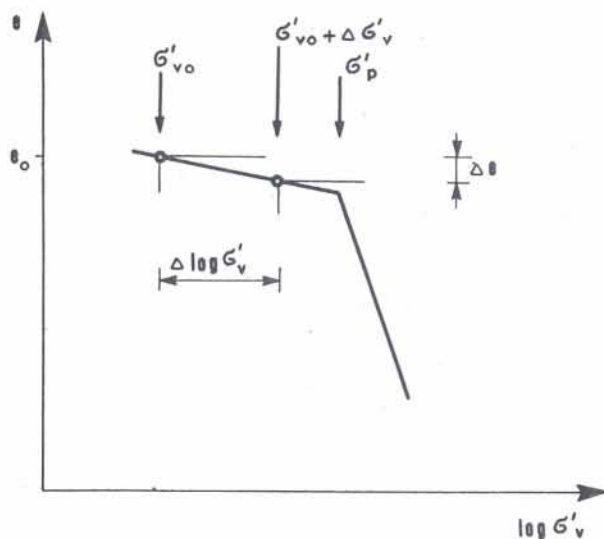
Sl. 3 Normalno konsolidirano tlo  
Fig. 3 Normally consolidated soil

Za slučaj normalno konsolidiranog tla (sl. 3.) vertikalna relativna deformacija  $\epsilon_v$ , koja nastaje uslijed povećanja vertikalnog efektivnog napreznja za  $\Delta\sigma'_v$ , bit će

$$\epsilon_v = \frac{C_c}{1 + e_0} \log \frac{\sigma'_{vo} + \Delta\sigma'_v}{\sigma'_{vo}} \quad (8)$$

pri čemu je  $e_0$  koeficijent pora koji odgovara napreznju  $\sigma'_{vo}$ .

Kod prekonsolidiranog tla moguća su dva slučaja, ovisno o intenzitetu dodatnih vertikalnih napreznja  $\Delta\sigma'_v$ .



(a)  $\sigma'_{vo} + \Delta\sigma'_v \leq \sigma'_p$

U slučaju  $\sigma'_{vo} + \Delta\sigma'_v < \sigma'_p$  (sl. 4.a) cjelokupna deformacija realizira se na kraku ponovljenog opterećenja

$$\epsilon_v = \frac{C_s}{1 + e_0} \log \frac{\sigma'_{vo} + \Delta\sigma'_v}{\sigma'_{vo}} \quad (9)$$

Ako veličina dodatnog vertikalnog napreznja uzrokuje prekoračenje napreznja prethodne konsolidacije, tj.  $\sigma'_{vo} + \Delta\sigma'_v > \sigma'_p$  (sl. 4.b), promjena deformacije sastoji se od dva dijela, prema izrazu

$$\epsilon_v = \frac{C_s}{1 + e_0} \log \frac{\sigma'_p}{\sigma'_{vo}} + \frac{C_c}{1 + e_p} \log \frac{\sigma'_{vo} + \Delta\sigma'_v}{\sigma'_p} \quad (10)$$

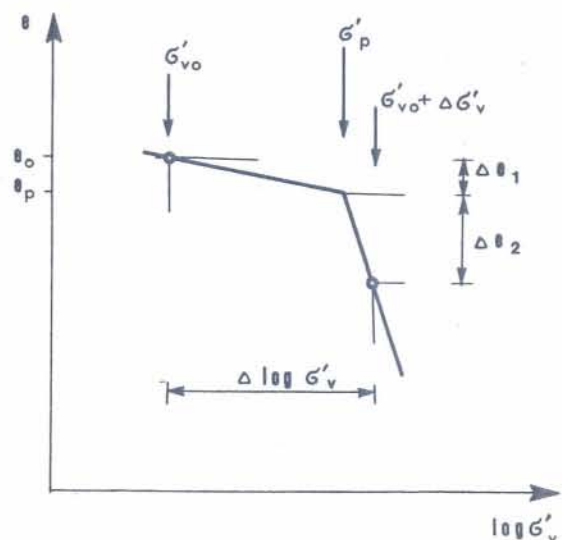
kod čega je  $e_p$  koeficijent pora koji odgovara napreznju  $\sigma'_p$ .

Ovdje treba napomenuti da je stišljivost tla znatno veća na kraku prvog opterećenja nego na kraku ponovnog opterećenja, što jasno pokazuju različiti nagibi pravaca koji aproksimiraju edometarsku krivulju. Vrijednosti koeficijenta  $C_c$  za neke vrste tla mogu biti čak desetak puta veće od vrijednosti koeficijenta  $C_s$  (Lambe, Whitman, 1969).

Iz toga slijedi da je vrlo važno što točnije odrediti, da li se radi o normalno konsolidiranom ili prekonsolidiranom tlu, a također treba što točnije odrediti vrijednost  $\sigma'_p$ .

#### Određivanje napreznja prethodne konsolidacije

Vrijednost napreznja prethodne konsolidacije jedan je od ključnih podataka za određivanje stišljivosti koherentnih materijala. Najpouzdaniji način određivanja ovog podatka je dobro poznavanje geološke prošlosti predmetne lokacije. Međutim,  $\sigma'_p$  može se uspješno procijeniti na temelju nekih ustanovljenih korelacija. Tako npr. za normalno konsolidirane gline Skempton (1957) predlaže orijentacionu formulu za odnos nedrenirane čvrstoće materijala i vertikalnog efektivnog napreznja. Za prekonsolidirane gline može se upotrijebiti formula Wrotha (1984) koja povezuje nedreniranu čvrstoću



(b)  $\sigma'_{vo} + \Delta\sigma'_v > \sigma'_p$

Sl. 4 Prekonsolidirano tlo  
Fig. 4 Preconsolidated soil

prekonsolidiranog materijala i normalno konsolidiranog materijala preko koeficijenta prekonsolidacije.

Kod interpretacije rezultata mjerenja u edometarskom aparatu najčešće upotrebljavana metoda određivanja  $\sigma'_p$  je Casagrande-ova grafička konstrukcija (Nonveiller, 1990). No, prilikom određivanja  $\sigma'_p$  prisutne su određene poteškoće (Brumund et al., 1976).

Osnovni uzrok ovih poteškoća je poremećenost uzorka. Naime, uz povećanje poremećenosti uzorka, »lom« edometarske krivulje postaje manje izražen, odnosno određivanje vrijednosti  $\sigma'_p$  bit će manje pouzdano. Osim toga porast poremećenja uzorka daje niže vrijednosti  $\sigma'_p$  i niže vrijednosti koeficijenta pora  $e$  za određeno vertikalno naprezanje  $\sigma'_v$  u odnosu na stvarne vrijednosti u tlu. Zbog toga dolazi do povećane stišljivosti tla za naprezanje  $\sigma'_v < \sigma'_p$  i do smanjenja stišljivosti tla za naprezanje  $\sigma'_v > \sigma'_p$ .

Budući da u svakom edometarskom pokusu zapravo dolazi do ponovnog opterećivanja uzorka (nakon vađenja uzorka iz bušotine i ugrađivanja u edometarski aparat), laboratorijski dobivena krivulja početnog opterećenja uvijek će imati nagib nešto manji nego što bi bio nagib stvarne krivulje u tlu. Grafički postupak za određivanje stvarne krivulje početnog opterećenja u tlu razvio je Schmertmann (1955). Ovim postupkom provodi se korekcija laboratorijski određene krivulje za normalno konsolidirano tlo kao i za prekonsolidirano tlo.

### Primjer crpilišta Dakovo – Trslana

Kao ilustracija spomenutih postupaka pokazat će se interpretacija edometarske krivulje dobivene ispitivanjem uzorka krovine prvog vodonosnog sloja na području crpilišta Dakovo – Trslana (Bačani, 1990). Uzorak je izvađen iz bušotine V-28, iz dubine 35 m. Osnovne geološke karakteristike sredine iz koje je izvađen uzorak su slijedeće.

Dakovačko crpilište Trslana, s obzirom na geološku građu, pripada sjeverozapadnom dijelu Slavonско-srijemske depresije. Na ovom području naslage do dubine cca 200 m pripadaju tzv. »kvartarnom vodonosnom kompleksu naslaga« (Urumović et al., 1978). Mineraloško-petrografske analize pokazale su da minerali koji izgrađuju ovaj kompleks naslaga potječu iz metamornih stijena Slavonije i bosanske serpentinske zone (Galović i Mutić, 1984). Materijal je donasan tadašnjim riječnim tokovima i taložen u jezersko-močvarnoj sredini. S obzirom da nakon taloženja ove naslage nisu bile izložene tektonskim pomacima, a niti jačim procesima erozije, može se zaključiti da se radi o normalno konsolidiranom tlu.

Fizikalna svojstva tla su ova:

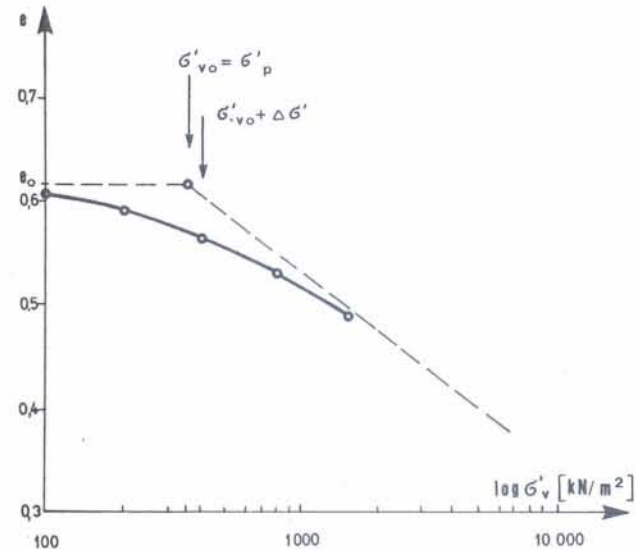
gustoća saturiranog uzorka	2070 kg/m <sup>3</sup>
gustoća čvrstih čestica	2740 kg/m <sup>3</sup>
prirodna vlažnost	22,5 %

Razina podzemne vode je otprilike na površini terena.

Interpretacija rezultata edometarskog pokusa provedena je kroz dva brojčana primjera.

### Normalno konsolidirana glina

Na sl. 5. prikazan je dio edometarskog dijagrama za odgovarajuće područje naprezanja. Određena je približna vrijednost  $\sigma'_p$  i ustanovljeno je da se radi o normalno konsolidiranoj glini, tj.  $\sigma'_{vo} = \sigma'_p$ .



Sl. 5 Uzorak V28/35 – normalno konsolidirana glina

Fig. 5 Soil sample V28/35 – normally consolidated clay

Usljed crpljenja iz vodonosnog sloja dolazi do sniženja piezometarske razine od 4 m, što odgovara vrijednosti pornog pretlaka od  $u_0 = 40$  kN/m<sup>2</sup> na donjem rubu krovine. To smanjenje pornog pretlaka uvjetuje povećanje vertikalnog efektivnog napreznja  $\Delta \sigma'_v = 40$  kN/m<sup>2</sup> u odnosu na početno napreznje  $\sigma'_v = 375$  kN/m<sup>2</sup>.

Primjenom izraza (8) izračunata je relativna vertikalna deformacija  $\epsilon_v$ , odnosno ukupno slijeganje krovine  $w$ , uz pretpostavku da su podaci iz ovog uzorka reprezentativni za cijeli sloj debljine 30 m.

Krivulja	$C_c$	$e_0$	$\epsilon_v$ [%]	$w$ [cm]
labor.	0,149	0,568	0,418	6,0
u tlu	0,183	0,617	0,498	7,5

Rezultati proračuna pokazuju da se korištenjem korigirane krivulje dobije cca 25% veće slijeganje u odnosu na nekorigiranu laboratorijsku krivulju.

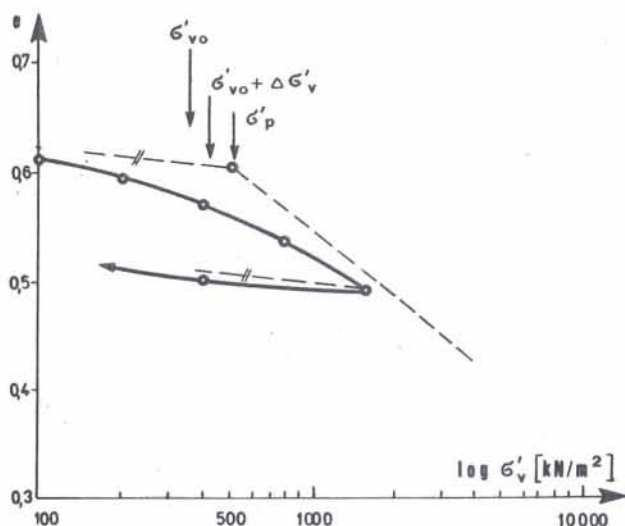
### Prekonsolidirana glina

U drugom računskom primjeru usvojena je hipoteza da se radi o prekonsolidiranoj glini. Uz nešto izmijenjenu interpretaciju edometarske krivulje dobivena je vrijednost  $\sigma'_p = 500$  kN/m<sup>2</sup>, čime je ostvaren uvjet  $\sigma'_{vo} + \Delta \sigma'_v < \sigma'_p$  (sl. 6).

Vrijednost koeficijenta bujanja  $C_s$  određena je uzimanjem u obzir krivulje rasterećenja. Primjenom izraza (10) dobivaju se ove veličine:

$$\begin{aligned} C_s &= 0,029 \\ e_0 &= 0,617 \\ \epsilon_v &= 0,08 \% \\ w &= 1,5 \text{ cm} \end{aligned}$$

Taj rezultat pokazuje znatan utjecaj prekonsolidacije na veličinu konačnog slijeganja krovine.



Sl. 6 Uzorak V28/35 – prekonsolidirana glina

Fig. 6 Soil sample V28/35 – overconsolidate clay

### Zaključak

Pravilno određivanje stišljivosti slabopropusnih naslaga, koje omeđuju vodonosni sloj, bitno utječe na veličinu konačnih slijeganja, a time i količinu prihranjivanja iz tih naslaga. Kod toga presudnu ulogu ima stupanj prekonsolidacije ovih naslaga.

U laboratorijskim ispitivanjima uzoraka ovaj se podatak može procijeniti prikazom rezultata edometarskog pokusa u  $e - \log \sigma'_v$  koordinatnom sustavu. Pouzdanost tako određene vrijednosti  $\sigma'_p$  ovisi o stupnju poremećenosti uzorka. Taj utjecaj može se donekle kompenzirati korekcijom krivulje početnog opterećenja.

U računskim primjerima usporedene su veličine slijeganja normalno konsolidiranog i pretpostavljenog prekonsolidiranog sloja gline, kao i utjecaj korekcije laboratorijske krivulje početnog opterećenja.

Kod toga je korekcija laboratorijske krivulje početnog opterećenja povećala slijeganje za približno 25%. To znači da će stvarna slijeganja u tlu, a zbog toga i količine prihranjivanja iz tih naslaga, biti 25% veće u odnosu na procjenu temeljenu na podacima laboratorijske (nekororigirane) krivulje.

Za slučaj pretpostavljene prekonsolidacije istog sloja gline dobivene su vrijednosti slijeganja približno pet puta manje u odnosu na vrijednosti slijeganja normalno konsolidirane gline.

Primljeno: 14. II. 1992.

Prihvaćeno: 9. VI. 1992.

### LITERATURA

- Bačani, A. (1990): Utjecaj slabopropusnih naslaga na obnavljanje zaliha podzemnih voda na području Istočne Slavonije, Magistarski rad, Prirodoslovno matematički fakultet Sveučilišta u Zagrebu.
- Bačani, A., Miletić, P., Heinrich-Miletić, M. (1991): Utjecaj slabopropusnih naslaga na obnavljanje zaliha podzemnih voda na području Istočne Slavonije, *Geol. vjesnik*, 44, 269–273, Zagreb.
- Biot, M. A. (1941): General theory of the three-dimensional consolidation, *Journal of Applied Physics*, 2, 155–164.
- Brumund, W. F., Jonas, E., Ladd, C. C. (1976): Estimating In Situ Maximum Past Preconsolidation Pressure of Saturated Clays from Results of Laboratory Consolidometer Tests, »Special Report 163«, Transportation Research Board, 4–12.
- Dimkić, M., Đukić, B. (1983): Proces i neki aspekti sleganja tla usled eksploatacije podzemne vode, *Saopštenja Instituta za vodoprivredu »Jaroslav Černi«*, 26, 31–46, Beograd.
- Galović, I., Mutić, R. (1984): Gornjopleistocenski sedimenti istočne Slavonije (SR Hrvatska), *Rad JAZU*, 411 (20), 297–308, Zagreb.
- Gambolati, G., Freeze, R. A. (1973): Mathematical Simulation of the Subsidence of Venice, 1. Theory, *Water Resources Research*, 9 (3), 721–733.
- Hantush, M. S. (1960): Modification of the theory of leaky aquifers, *J. Geophys. Res.* 65 (11), 3713–3725.
- Kovačić, D., Bačani, A., Miletić, P., Mayer, D. (1986): Utjecaj geomehaničkih značajki slabopropusnih naslaga na prihranjivanje vodonosnih slojeva, Drugi kongres o vodama Jugoslavije, Ljubljana, 430–438.
- Lambe, T. W., Whitman, R. V. (1969): *Soil Mechanics*, Wiley, New York.
- Lewis, R. W., Schrefler, B. (1978): A Fully Coupled Consolidation Model of the Subsidence of Venice, *Water Resources Research*, 14 (2), 223–230.
- Nonveiller, E. (1990): *Mehanika tla – temeljenje građevina*, Školska knjiga, Zagreb.
- Rudolph, D. L., Frind, E. O. (1991): Hydraulic response of highly compressible aquitards during consolidation, *Water Res. Res.*, 27 (1), 17–30.
- Schmertmann, J. H. (1955): The Undisturbed Consolidation Behavior of Clay, *Transactions, ASCE*, 120, 1201–1233.
- Skempton, A. W. (1957): Discussion on »The structure of inorganic soils« by T. W. Lambe, *Proc, ASCE* 80, 478, 19–22.
- Terzaghi, K. (1972): *Teorijska mehanika tla*, Naučna knjiga, Beograd.
- Urumović, K., Hernitz, Z., Šimon, J. (1978): O kvartarnim naslagama istočne Posavine (SR Hrvatska), *Geol. vjesnik*, 30/1, 297–308.
- Wroth, C. P. (1984): The interpretation of in situ soil tests, 24<sup>th</sup> Rankine Lecture, *Geotechnique* 34, 4, 449–489.

## Compressibility Parameters of Semipervious Confining Layers Over- and/or Underlain by an Aquifer

*D. Kovačić and A. Bačani*

The reliability of every numerical model depends on the reliability of the input parameters. The same applies to the model of land subsidence due to groundwater withdrawal. The model is based on the equation of one-dimensional (vertical) consolidation in which the value of final settlement depends only on the compressibility of the confining layers.

The compressibility of a clay sample could be measured in a laboratory tests. The results of the oedometer test, when plotted in  $e - \log \sigma'_v$  coordinate system may be approximated with two straight lines: virgin compression line and recompression (swelling) line. The slopes of these straight lines are compression index  $C_c$  and swell index  $C_s$ , respectively. The break in the oedometer curve defines the preconsolidation pressure  $\sigma'_p$ . Depending on the relation between  $\sigma'_p$  and the existing effective vertical overbur-

den pressure  $\sigma'_{v0}$ , the soil is said to be normally consolidated or overconsolidated.

The true value of  $\sigma'_p$  is rather difficult to obtain. It could be determined by Casagrande graphical construction and then the laboratory virgin compression curve should be corrected to obtain the field virgin compression curve. Schermann (1955) procedure is often used for this correction.

The importance of the reliable values of  $C_c$ ,  $C_s$  and  $\sigma'_p$  is demonstrated on the example taken from Dakovo-Trslana basin. The use of field compression curve yields 25% higher settlement than laboratory curve for normally consolidated soil. If the same stress increment is applied to the hypothetical overconsolidated soil, the resulting settlement is five times less than in the case of normally consolidated soil.